



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication : 0 673 102 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : 95420070.5

(51) Int. Cl.⁶ : H02J 7/00, H01L 41/113

(22) Date de dépôt : 20.03.95

(30) Priorité : 18.03.94 FR 9403441

(43) Date de publication de la demande :
20.09.95 Bulletin 95/38

(64) Etats contractants désignés :
BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE

(71) Demandeur : METRAVIB R.D.S. Société
Anonyme
64, Chemin des Mouilles
B.P. 182
F-69132 Ecully Cédex (FR)

(72) Inventeur : Permuy, Alfred
3, rue des deux Gares
92500 Rueil Malmaison (FR)
Inventeur : Duperray, Bernard
Allée Sainte Philomène
F-01480 Ars (FR)
Inventeur : Garnier, Bernard
71, Avenue du Comte Vert
F-73000 Chambéry (FR)

(74) Mandataire : Thibault, Jean-Marc
Cabinet Beau de Lomé
51, Avenue Jean Jaurès
B.P. 7073
F-69301 Lyon Cédex 07 (FR)

(54) Dispositif piézoélectrique pour charger un accumulateur d'énergie électrique équipant un objet soumis à des vibrations.

(57) — L'objet de l'invention concerne un dispositif piézoélectrique pour charger un accumulateur d'énergie électrique (2) équipant un objet (3) soumis à des accélérations, le dispositif comportant :

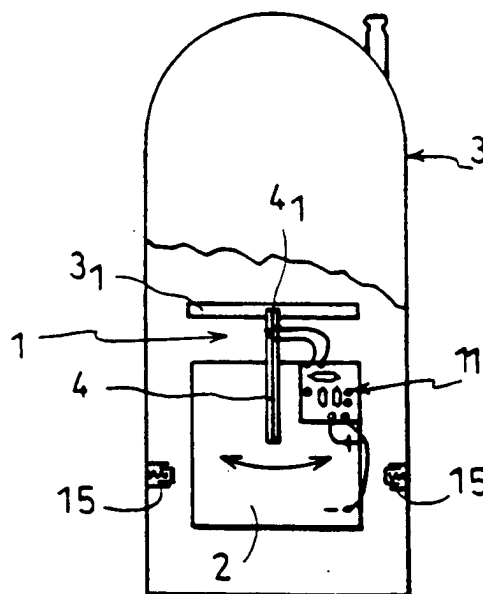
— au moins un élément piézoélectrique (4) lié à l'objet (3),

— une masse agissant sur l'élément piézoélectrique, de manière à assurer l'apparition de charges électriques, lorsque l'objet est soumis à une accélération,

— et un circuit électrique (11) de conversion des charges apparaissant, à la suite de l'oscillation de l'élément piézoélectrique, en un courant de charge de l'accumulateur d'énergie électrique (2), le circuit comportant, en entrée, un étage redresseur délivrant une tension continue.

— Selon l'invention, le circuit de conversion (11) comporte un convertisseur continu-continu interposé entre l'étage redresseur et l'accumulateur (2), présentant une impédance d'entrée de valeur constante et purement résistive et délivrant, en sortie, un courant moyen sensiblement proportionnel au carré de la tension délivrée par l'étage redresseur.

FIG. 1



EP 0 673 102 A1

La présente invention concerne le domaine technique des systèmes adaptés pour assurer le chargement d'un accumulateur d'énergie électrique équipant un objet au sens général soumis à des vibrations ou à des chocs.

L'objet de l'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des objets électriques dont le fonctionnement nécessite l'utilisation d'un accumulateur d'énergie, ces objets présentant un caractère portable ou un fonctionnement dans des endroits isolés, tout en étant soumis à des vibrations ou à des chocs. D'une manière illustrative mais non limitative, l'invention peut équiper des micro-ordinateurs portatifs, les appareils de radio-communication, tels que les téléphones et télécopieurs, les baladeurs, les postes de radio ou des bouées lumineuses.

L'un des problèmes majeurs que présentent ces types d'objets réside dans leur autonomie d'énergie de relativement faible durée.

Pour tenter de résoudre ce problème, l'état de la technique a proposé une première solution consistant à utiliser des éléments photo-électriques qui génèrent des courants de charge, en fonction de l'intensité de l'éclairement naturel ou artificiel. Ce type de chargeur équipe, notamment, des objets, tels que des montres ou des calculatrices.

Cette solution technique permet de générer uniquement des courants de valeurs faibles, à moins de constituer des panneaux photo-électriques de grande surface, ce qui n'est pas toujours possible, en raison du caractère portable des objets. Il apparaît, également, que la génération efficace de charges est subordonnée à une orientation appropriée des capteurs dans le champ d'une lumière d'intensité suffisante, de sorte que cette solution technique ne peut pas être mise en oeuvre pour équiper divers objets portatifs dont l'utilisation peut être effectuée en l'absence d'une source lumineuse.

Il est connu, dans l'état de la technique, une autre solution consistant à utiliser, à l'aide de moyens thermoélectriques, la différence de température entre la chaleur du corps humain et la température ambiante. Outre le fait que ce genre de solution présente un faible rendement, le principe même de cette technique limite ses applications pratiquement aux montres-bracelets.

Il est connu, par ailleurs, une autre solution consistant à utiliser l'énergie des mouvements mécaniques qui sont induits sur un composant inertiel de l'objet par les mouvements naturels associés au transport de cet objet. Il est ainsi connu un dispositif visant à convertir les mouvements par voie électrodynamique et comportant un micro-rotor aimanté, se déplaçant à l'intérieur d'un bobinage de fils conducteurs de l'électricité. Les vibrations sont appliquées à l'objet et, par suite, au micro-rotor, de manière à obtenir l'apparition d'un courant électrique qui, après avoir

été redressé et accumulé dans un condensateur, est transféré à une batterie. Il apparaît que le rendement de ce dispositif reste faible et que sa complexité, et donc sa fragilité, est importante. Il s'avère, en pratique, qu'une telle solution technique est limitée essentiellement à des applications horlogères qui requièrent des puissances limitées de l'ordre du microwatt.

Il est connu, par ailleurs, par le document **SU-A-618 717**, un dispositif pour charger un accumulateur d'énergie électrique, comportant une lame piézoélectrique dont une extrémité est liée à l'objet et dont l'autre extrémité est munie d'une masse. La lame est reliée à un circuit assurant la conversion des charges électriques apparaissant lorsque l'objet est soumis à une accélération. Le circuit de conversion des charges est constitué par un étage redresseur. Cette solution présente les mêmes inconvénients que ceux énoncés ci-dessus, dans la mesure où la puissance récupérée reste de l'ordre du microwatt, ce qui limite les applications de ce type de dispositif.

La présente invention vise donc à remédier aux inconvénients énoncés ci-dessus en proposant un dispositif, adapté pour charger un accumulateur d'énergie électrique équipant un objet, au sens général, soumis à des accélérations et capable de générer des puissances électriques suffisantes, par exemple de l'ordre de quelques milliwatts, pour permettre de charger ledit accumulateur d'énergie électrique.

Un autre objet de l'invention est d'offrir un dispositif pour charger un accumulateur d'énergie électrique offrant une grande fiabilité et simplicité de fabrication, tout en présentant l'avantage de ne pas alourdir les objets équipés du dispositif selon l'invention.

Pour atteindre ces objectifs, le dispositif selon l'invention comporte :

- au moins un élément piézoélectrique lié à l'objet, apte à osciller selon au moins un degré de liberté,
- une masse oscillante agissant sur l'élément piézoélectrique, de manière à assurer l'apparition de charges électriques lorsque l'objet est soumis à une accélération,
- et un circuit électrique de conversion des charges apparaissant, à la suite de l'oscillation de l'élément piézoélectrique, en un courant de charge de l'accumulateur d'énergie électrique, le circuit comportant, en entrée, un étage redresseur délivrant une tension continue.

Selon l'invention, le circuit de conversion comporte un convertisseur continu-continu interposé entre l'étage redresseur et l'accumulateur, présentant une impédance d'entrée de valeur constante et purement résistive et délivrant, en sortie, un courant moyen sensiblement proportionnel au carré de la tension délivrée par l'étage redresseur.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limita-

La présente invention concerne le domaine technique des systèmes adaptés pour assurer le chargement d'un accumulateur d'énergie électrique équipant un objet au sens général soumis à des vibrations ou à des chocs.

L'objet de l'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des objets électriques dont le fonctionnement nécessite l'utilisation d'un accumulateur d'énergie, ces objets présentant un caractère portable ou un fonctionnement dans des endroits isolés, tout en étant soumis à des vibrations ou à des chocs. D'une manière illustrative mais non limitative, l'invention peut équiper des micro-ordinateurs portatifs, les appareils de radio-communication, tels que les téléphones et télécopieurs, les baladeurs, les postes de radio ou des bouées lumineuses.

L'un des problèmes majeurs que présentent ces types d'objets réside dans leur autonomie d'énergie de relativement faible durée.

Pour tenter de résoudre ce problème, l'état de la technique a proposé une première solution consistant à utiliser des éléments photo-électriques qui génèrent des courants de charge, en fonction de l'intensité de l'éclairement naturel ou artificiel. Ce type de chargeur équipe, notamment, des objets, tels que des montres ou des calculatrices.

Cette solution technique permet de générer uniquement des courants de valeurs faibles, à moins de constituer des panneaux photo-électriques de grande surface, ce qui n'est pas toujours possible, en raison du caractère portable des objets. Il apparaît, également, que la génération efficace de charges est subordonnée à une orientation appropriée des capteurs dans le champ d'une lumière d'intensité suffisante, de sorte que cette solution technique ne peut pas être mise en oeuvre pour équiper divers objets portatifs dont l'utilisation peut être effectuée en l'absence d'une source lumineuse.

Il est connu, dans l'état de la technique, une autre solution consistant à utiliser, à l'aide de moyens thermoélectriques, la différence de température entre la chaleur du corps humain et la température ambiante. Outre le fait que ce genre de solution présente un faible rendement, le principe même de cette technique limite ses applications pratiquement aux montres-bracelets.

Il est connu, par ailleurs, une autre solution consistant à utiliser l'énergie des mouvements mécaniques qui sont induits sur un composant inertiel de l'objet par les mouvements naturels associés au transport de cet objet. Il est ainsi connu un dispositif visant à convertir les mouvements par voie électrodynamique et comportant un micro-rotor aimanté, se déplaçant à l'intérieur d'un bobinage de fils conducteurs de l'électricité. Les vibrations sont appliquées à l'objet et, par suite, au micro-rotor, de manière à obtenir l'apparition d'un courant électrique qui, après avoir

été redressé et accumulé dans un condensateur, est transféré à une batterie. Il apparaît que le rendement de ce dispositif reste faible et que sa complexité, et donc sa fragilité, est importante. Il s'avère, en pratique, qu'une telle solution technique est limitée essentiellement à des applications horlogères qui requièrent des puissances limitées de l'ordre du microwatt.

Il est connu, par ailleurs, par le document SU-A-618 717, un dispositif pour charger un accumulateur d'énergie électrique, comportant une lame piézoélectrique dont une extrémité est liée à l'objet et dont l'autre extrémité est munie d'une masse. La lame est reliée à un circuit assurant la conversion des charges électriques apparaissant lorsque l'objet est soumis à une accélération. Le circuit de conversion des charges est constitué par un étage redresseur. Cette solution présente les mêmes inconvénients que ceux énoncés ci-dessus, dans la mesure où la puissance récupérée reste de l'ordre du microwatt, ce qui limite les applications de ce type de dispositif.

La présente invention vise donc à remédier aux inconvénients énoncés ci-dessus en proposant un dispositif, adapté pour charger un accumulateur d'énergie électrique équipant un objet, au sens général, soumis à des accélérations et capable de générer des puissances électriques suffisantes, par exemple de l'ordre de quelques milliwatts, pour permettre de charger ledit accumulateur d'énergie électrique.

Un autre objet de l'invention est d'offrir un dispositif pour charger un accumulateur d'énergie électrique offrant une grande fiabilité et simplicité de fabrication, tout en présentant l'avantage de ne pas alourdir les objets équipés du dispositif selon l'invention.

Pour atteindre ces objectifs, le dispositif selon l'invention comporte :

- au moins un élément piézoélectrique lié à l'objet, apte à osciller selon au moins un degré de liberté,
- une masse oscillante agissant sur l'élément piézoélectrique, de manière à assurer l'apparition de charges électriques lorsque l'objet est soumis à une accélération,
- et un circuit électrique de conversion des charges apparaissant, à la suite de l'oscillation de l'élément piézoélectrique, en un courant de charge de l'accumulateur d'énergie électrique, le circuit comportant, en entrée, un étage redresseur délivrant une tension continue.

Selon l'invention, le circuit de conversion comporte un convertisseur continu-continu interposé entre l'étage redresseur et l'accumulateur, présentant une impédance d'entrée de valeur constante et purement résistive et délivrant, en sortie, un courant moyen sensiblement proportionnel au carré de la tension délivrée par l'étage redresseur.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limita-

tifs, des formes de réalisation et de mise en oeuvre de l'objet de l'invention.

La fig. 1 est une vue schématique montrant un exemple d'application d'un dispositif piézoélectrique, conforme à l'invention, pour un objet portatif.

La fig. 2 est une vue générale montrant un détail caractéristique du dispositif selon l'invention.

Les fig. 3 et 4 sont des schémas explicitant deux variantes de réalisation d'un circuit de conversion conforme à l'invention.

La fig. 5 est une vue schématique montrant un autre exemple de réalisation d'un dispositif piézoélectrique selon l'invention.

Tel que cela apparaît plus précisément à la fig. 1, le dispositif 1 selon l'invention est destiné à assurer le chargement d'un accumulateur d'énergie électrique 2 équipant un objet 3 au sens général, destiné à être soumis à des vibrations, à des chocs ou, d'une manière générale, à des accélérations. D'une manière classique, l'objet 3 comporte un accumulateur d'énergie électrique 2, tel qu'une batterie, destiné à alimenter un circuit électrique spécifique assumant des fonctions appropriées adaptées à la nature de l'objet.

Le dispositif 1, selon l'invention, de chargement de l'accumulateur 2, comporte au moins un élément piézoélectrique 4 constitué, dans l'exemple illustré, par une lame liée, par l'une de ses extrémités 4₁, à l'objet 3. Dans l'exemple illustré, l'extrémité 4₁ de la lame est montée sur une platine 3₁ faisant partie de l'objet 3. La lame piézoélectrique 4 comporte une paire d'armatures 5 et 6 déposées sur ses faces principales opposées, de sorte qu'il apparaît, sous l'influence d'une force, des charges de signe contraire sur les armatures et donc une différence de potentiel proportionnelle à la force appliquée. De préférence, la lame piézoélectrique 4 est constituée par l'intermédiaire d'une céramique ferroélectrique polarisée.

Bien entendu, il peut être mis en oeuvre une lame 4 constituée à partir d'une association de lamelles piézoélectriques, de manière à constituer un montage bimorphe ou multimorphe, soit parallèle, soit série. Dans le même sens, il peut être envisagé de réaliser la lame à partir d'un matériau souple ou élastique, sur lequel sont montées une ou plusieurs céramiques. Par ailleurs, il doit être considéré que l'élément piézoélectrique peut être réalisé sous une forme différente d'une lame. Il peut être prévu, ainsi, de mettre en oeuvre, pour l'élément piézoélectrique, par exemple, un assemblage de céramiques fonctionnant en traction-compression. Il peut être aussi envisagé de réaliser un système à bras de levier agissant sur l'élément piézoélectrique pour permettre de modifier la raideur du système ainsi réalisé.

Le dispositif selon l'invention comporte, également, une masse 7 adaptée pour agir sur l'élément piézoélectrique 4, de manière à assurer l'apparition de charges électriques sur les armatures 5 et 6, lors-

que la lame est soumise à des accélérations consécutives à des vibrations de l'objet. Tel que cela apparaît plus précisément dans l'exemple illustré à la fig. 2, la masse oscillante 7 est montée en porte-à-faux sur la lame 4 en étant ancrée sur l'extrémité libre 4₂ de la lame, opposée de celle 4₁ ancrée à l'objet 3. De préférence, la masse 7 est constituée par l'accumulateur 2, de sorte que le poids de l'objet 3 n'est pas augmenté par l'incorporation d'une masse additionnelle. Dans le cas où l'élément piézoélectrique n'est pas réalisé sous la forme d'une lame, la masse 7 est montée de manière à agir sur l'élément piézoélectrique.

La lame piézoélectrique 4 travaille ainsi en flexion en supportant une masse 7 montée en porte-à-faux, permettant d'obtenir des mouvements de battement de la lame de relativement grande amplitude, par exemple de l'ordre de quelques centimètres. La lame 4 ainsi équipée est donc apte à osciller selon au moins un degré de liberté donné, considéré dans un plan privilégié de flexion P. La lame 4 est adaptée pour présenter des fréquences d'oscillation basses, afin de coïncider au mieux avec le contenu des sollicitations de transport, également de basse fréquence. Par exemple, la lame 4 est dimensionnée pour offrir une fréquence d'oscillation comprise entre 1 et 20 Hz et, de préférence, entre 5 et 10 Hz. Dans le même sens, la masse oscillante 7 est comprise entre 30 et 500 grammes et, de préférence, de l'ordre de 100 grammes.

Le dispositif selon l'invention comporte, également, un circuit électrique 11, assurant une conversion des charges apparaissant aux bornes de la lame 4, à la suite de son oscillation, en un signal de charge de la batterie 2. Le dispositif piézoélectrique 1 selon l'invention permet ainsi d'assurer le chargement de la batterie 2 par la récupération des charges électriques dues aux mouvements d'accélération de la lame 4 et consécutifs aux différentes secousses ou vibrations que subit l'objet lors de son transport ou de son utilisation.

Dans l'exemple illustré plus précisément à la fig. 2, le circuit 11 de conversion comporte un circuit redresseur 12 permettant de cumuler les charges obtenues sur une période entière, dans la mesure où les mouvements oscillants génèrent des champs électriques opposés à chaque demie période d'oscillation de la lame. Le circuit redresseur 12 délivre une tension de sortie V_e qui est appliquée à l'entrée d'un circuit 13 conçu pour convertir le signal redressé en un courant de charge. A cet effet, le circuit de conversion 13 comporte une impédance d'entrée 13₁ adaptée aux caractéristiques électriques de la lame 4 et un générateur de courant 13₂ permettant de charger l'accumulateur 2.

Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 3, le circuit de conversion 13 constitue un convertisseur continu-continu interposé entre l'étage redresseur 12

et l'accumulateur 2. Il doit être compris que le circuit 13 est adapté pour convertir le signal continu délivré par l'étage redresseur 12, en un courant continu i , à savoir variant unidirectionnellement, de manière à recharger l'accumulateur 2 sous une tension imposée par cette dernière, et quelle que soit la tension délivrée par l'étage redresseur.

Selon l'invention, le convertisseur 13 doit présenter une impédance d'entrée purement résistive et dont la valeur est constante, quelle que soit l'amplitude de la tension d'entrée V_e délivrée par l'étage redresseur 12. La valeur de cette résistance d'entrée est déterminée, d'une part, par les caractéristiques mécaniques du système masse-ressort équivalent à l'élément piézoélectrique équipé de sa masse et, d'autre part, par les caractéristiques des déplacements auxquels l'objet est soumis. En effet, il doit être considéré que la valeur de cette résistance d'entrée est calculée de manière à obtenir un facteur de surtension déterminé pour le résonateur mécanique formé par l'élément piézoélectrique. Le facteur de surtension et la fréquence de résonance d'un tel résonateur sont optimisés de façon à obtenir, pour une forme de spectre d'excitation donnée, une fraction déterminée de la puissance maximale définie par la valeur de la masse 7 et l'intensité de l'excitation vibratoire pour un déplacement minimal de la lame 4.

Pour une gamme de fréquence d'excitation inférieure à 20 Hz et en se limitant à une puissance disponible, par exemple égale à 0,9 de la puissance maximale, le facteur de surtension peut prendre des valeurs inférieures à 10 avec une fréquence de résonance proche de 15 Hz. De préférence, pour une excitation uniforme entre 1 et 12 Hz, le facteur de surtension sera de l'ordre de 8 avec une fréquence de résonance d'environ 9 Hz. La valeur de la résistance d'entrée se déduit alors des caractéristiques mécaniques et électriques de la lame 4, ainsi que des valeurs du facteur de surtension et de la fréquence de résonance.

Le convertisseur 13 présente une autre caractéristique qui est celle de délivrer, en sortie, aux pertes près, un courant moyen i sensiblement proportionnel au carré de la tension d'entrée V_e . Le courant i unidirectionnel alimente l'accumulateur 2 sous une tension imposée par l'accumulateur 2.

Le convertisseur 13 selon l'invention est constitué par une alimentation à résonance permettant, d'une part, de présenter une impédance d'entrée purement résistive de valeur constante et, d'autre part, de délivrer un courant moyen proportionnel au carré de la tension d'entrée V_e . La structure et le fonctionnement d'une alimentation à résonance sont connus et décrits, notamment, dans le livre ALIMENTATION À DÉCOUPAGE - CONVERTISSEURS À RÉSONANCE - J.P. FERRIEUX & F. FOREST, Editions MASSON, 2ème Edition, 1994. La description qui suit, en référence à la fig. 3, décrit de manière succincte une

alimentation à résonance appliquée à la charge d'une batterie 2.

L'alimentation à résonance 13 comporte deux interrupteurs électroniques K_1 , K_2 montés en série entre les bornes de sortie de l'étage redresseur 12 délivrant la tension d'entrée V_e . Les interrupteurs K_1 , K_2 sont commandés en fonctionnement par un circuit de commande 20 piloté à partir de la tension d'entrée V_e , de sorte que la fréquence de commande des interrupteurs est proportionnelle à la tension d'entrée V_e .

L'alimentation à résonance comporte aussi deux redresseurs, tels que deux diodes D_1 , D_2 montées en parallèle, respectivement, avec les interrupteurs K_1 , K_2 . Deux condensateurs C_1 et C_2 de même valeur, montés en série, sont connectés entre les bornes de sortie de l'étage redresseur 12. Une inductance L , montée en série avec un circuit redresseur 21 alimentant la batterie 2, est reliée, d'une part, au point milieu des diodes D_1 et D_2 et des interrupteurs K_1 et K_2 et, d'autre part, au point milieu des condensateurs C_1 , C_2 .

Le circuit redresseur 21 est formé par un pont de quatre diodes D_A - D_D , dont la branche commune comporte la batterie 2. D'une manière classique, les interrupteurs K_1 , K_2 sont commandés pour fonctionner en alternance. Ainsi, lorsque l'interrupteur K_1 est commandé en mode de conduction, tandis que simultanément l'interrupteur K_2 est bloqué, le courant traversant l'inductance L est formé de deux demi-sinusoïdes dont la fréquence est déterminée par les valeurs de l'inductance L et des condensateurs C_1 et C_2 . Lors de la première demi-période, la conduction est assurée par l'interrupteur K_1 et le courant alimente la batterie 2 à travers les diodes D_A et D_D . Lors de la deuxième demi-période, la conduction est assurée par la diode D_1 et l'interrupteur K_1 peut alors être ouvert. Le courant alimente alors la batterie 2 à travers les diodes D_B et D_C . A la fin de la période complète, ni l'interrupteur K_1 , ni la diode D_1 ne conduisent et l'interrupteur K_2 peut alors être fermé. Un fonctionnement identique à celui décrit ci-dessus se produit.

Le convertisseur à résonance décrit ci-dessus constitue un circuit optimisé pour récupérer l'énergie électrique délivrée par l'élément piézoélectrique.

La fig. 4 illustre une autre variante de réalisation dans laquelle l'enroulement L est constitué par l'inductance de fuite du primaire d'un transformateur T , dont l'enroulement secondaire alimente le circuit redresseur 21. La mise en oeuvre d'un transformateur T permet d'adapter les tensions à la tension de charge de la batterie 2.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, la lame 4 est limitée dans son mouvement d'oscillation, par l'intermédiaire de deux butées 15 placées dans le plan de flexion P , de part et d'autre de la lame 4. Par exemple, les butées 15 sont placées de manière à venir en contact avec la masse oscillante 7. De préférence, les butées 15 sont de nature élas-

et l'accumulateur 2. Il doit être compris que le circuit 13 est adapté pour convertir le signal continu délivré par l'étage redresseur 12, en un courant continu i , à savoir variant unidirectionnellement, de manière à recharger l'accumulateur 2 sous une tension imposée par cette dernière, et quelle que soit la tension délivrée par l'étage redresseur.

Selon l'invention, le convertisseur 13 doit présenter une impédance d'entrée purement résistive et dont la valeur est constante, quelle que soit l'amplitude de la tension d'entrée V_e délivrée par l'étage redresseur 12. La valeur de cette résistance d'entrée est déterminée, d'une part, par les caractéristiques mécaniques du système masse-ressort équivalent à l'élément piézoélectrique équipé de sa masse et, d'autre part, par les caractéristiques des déplacements auxquels l'objet est soumis. En effet, il doit être considéré que la valeur de cette résistance d'entrée est calculée de manière à obtenir un facteur de surtension déterminé pour le résonateur mécanique formé par l'élément piézoélectrique. Le facteur de surtension et la fréquence de résonance d'un tel résonateur sont optimisés de façon à obtenir, pour une forme de spectre d'excitation donnée, une fraction déterminée de la puissance maximale définie par la valeur de la masse 7 et l'intensité de l'excitation vibratoire pour un déplacement minimal de la lame 4.

Pour une gamme de fréquence d'excitation inférieure à 20 Hz et en se limitant à une puissance disponible, par exemple égale à 0,9 de la puissance maximale, le facteur de surtension peut prendre des valeurs inférieures à 10 avec une fréquence de résonance proche de 15 Hz. De préférence, pour une excitation uniforme entre 1 et 12 Hz, le facteur de surtension sera de l'ordre de 8 avec une fréquence de résonance d'environ 9 Hz. La valeur de la résistance d'entrée se déduit alors des caractéristiques mécaniques et électriques de la lame 4, ainsi que des valeurs du facteur de surtension et de la fréquence de résonance.

Le convertisseur 13 présente une autre caractéristique qui est celle de délivrer, en sortie, aux pertes près, un courant moyen i sensiblement proportionnel au carré de la tension d'entrée V_e . Le courant i unidirectionnel alimente l'accumulateur 2 sous une tension imposée par l'accumulateur 2.

Le convertisseur 13 selon l'invention est constitué par une alimentation à résonance permettant, d'une part, de présenter une impédance d'entrée purement résistive de valeur constante et, d'autre part, de délivrer un courant moyen proportionnel au carré de la tension d'entrée V_e . La structure et le fonctionnement d'une alimentation à résonance sont connus et décrits, notamment, dans le livre ALIMENTATION À DÉCOUPAGE - CONVERTISSEURS À RÉSONANCE - J.P. FERRIEUX & F. FOREST, Editions MASSON, 2ème Edition, 1994. La description qui suit, en référence à la fig. 3, décrit de manière succincte une

alimentation à résonance appliquée à la charge d'une batterie 2.

L'alimentation à résonance 13 comporte deux interrupteurs électroniques K_1 , K_2 montés en série entre les bornes de sortie de l'étage redresseur 12 délivrant la tension d'entrée V_e . Les interrupteurs K_1 , K_2 sont commandés en fonctionnement par un circuit de commande 20 piloté à partir de la tension d'entrée V_e , de sorte que la fréquence de commande des interrupteurs est proportionnelle à la tension d'entrée V_e .

L'alimentation à résonance comporte aussi deux redresseurs, tels que deux diodes D_1 , D_2 montées en parallèle, respectivement, avec les interrupteurs K_1 , K_2 . Deux condensateurs C_1 et C_2 de même valeur, montés en série, sont connectés entre les bornes de sortie de l'étage redresseur 12. Une inductance L , montée en série avec un circuit redresseur 21 alimentant la batterie 2, est reliée, d'une part, au point milieu des diodes D_1 et D_2 et des interrupteurs K_1 et K_2 et, d'autre part, au point milieu des condensateurs C_1 , C_2 .

Le circuit redresseur 21 est formé par un pont de quatre diodes D_A - D_C , dont la branche commune comporte la batterie 2. D'une manière classique, les interrupteurs K_1 , K_2 sont commandés pour fonctionner en alternance. Ainsi, lorsque l'interrupteur K_1 est commandé en mode de conduction, tandis que simultanément l'interrupteur K_2 est bloqué, le courant traversant l'inductance L est formé de deux demi-sinusoïdes dont la fréquence est déterminée par les valeurs de l'inductance L et des condensateurs C_1 et C_2 . Lors de la première demi-période, la conduction est assurée par l'interrupteur K_1 et le courant alimente la batterie 2 à travers les diodes D_A et D_C . Lors de la deuxième demi-période, la conduction est assurée par la diode D_1 et l'interrupteur K_1 peut alors être ouvert. Le courant alimente alors la batterie 2 à travers les diodes D_B et D_C . A la fin de la période complète, ni l'interrupteur K_1 , ni la diode D_1 ne conduisent et l'interrupteur K_2 peut alors être fermé. Un fonctionnement identique à celui décrit ci-dessus se produit.

Le convertisseur à résonance décrit ci-dessus constitue un circuit optimisé pour récupérer l'énergie électrique délivrée par l'élément piézoélectrique.

La fig. 4 illustre une autre variante de réalisation dans laquelle l'enroulement L est constitué par l'inductance de fuite du primaire d'un transformateur T , dont l'enroulement secondaire alimente le circuit redresseur 21. La mise en oeuvre d'un transformateur T permet d'adapter les tensions à la tension de charge de la batterie 2.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, la lame 4 est limitée dans son mouvement d'oscillation, par l'intermédiaire de deux butées 15 placées dans le plan de flexion P , de part et d'autre de la lame 4. Par exemple, les butées 15 sont placées de manière à venir en contact avec la masse oscillante 7. De préférence, les butées 15 sont de nature élas-

tique, permettant d'augmenter l'énergie récupérée et la fréquence d'oscillation de la masse 7. Une telle disposition permet d'augmenter la puissance électrique disponible.

Dans l'exemple illustré, la lame piézoélectrique 4 est montée de manière à travailler en flexion dans un plan P, perpendiculaire à ses faces principales constituées par les électrodes 5 et 6. Bien entendu, il peut être envisagé de constituer un élément piézoélectrique formé d'au moins deux lames piézoélectriques, montées de manière à présenter chacune un plan de flexion différent. Ainsi, il pourrait être envisagé de monter, sur la lame piézoélectrique 4, une autre lame piézoélectrique décalée de 90°, dont le plan de flexion privilégié serait parallèle au plan des armatures, c'est-à-dire perpendiculaire au plan de flexion P. Une telle disposition offre l'avantage de pouvoir récupérer l'énergie des oscillations de la masse 7 se déplaçant dans les deux directions sus-indiquées.

Tel que cela ressort plus précisément du montage illustré à la fig. 1, le dispositif 1 est sensible aux sollicitations de translation, suivant un axe horizontal s'établissant dans le plan de la feuille. La fig. 5 illustre un montage dans lequel le dispositif 1 est sensible aux sollicitations de translation suivant l'axe vertical. Dans cet exemple de réalisation, il est à noter que l'accumulateur 2 est supporté par deux lames 4 supportées en porte-à-faux par la platine 3₁.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

Revendications

1 - Dispositif piézoélectrique pour charger un accumulateur d'énergie électrique (2) équipant un objet (3) soumis à des accélérations, le dispositif comportant :

- au moins un élément piézoélectrique (4), lié à l'objet (3), apte à pouvoir osciller selon au moins un degré de liberté,
- une masse (7) agissant sur l'élément piézoélectrique, de manière à assurer l'apparition de charges électriques, lorsque l'objet est soumis à une accélération,
- et un circuit électrique (11) de conversion des charges apparaissant, à la suite de l'oscillation de l'élément piézoélectrique, en un courant de charge de l'accumulateur d'énergie électrique (2), le circuit comportant, en entrée, un étage redresseur (12) délivrant une tension continue, caractérisé en ce que le circuit de conversion (11) comporte un convertisseur continu-continu (13) interposé entre l'étage redresseur (12) et l'accumulateur (2), présentant une impédance d'entrée de valeur constante et purement résistive et délivrant, en sortie, un courant moyen sensiblement proportionnel

au carré de la tension délivrée par l'étage redresseur.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte deux butées limitant le déplacement de l'élément piézoélectrique (4).

3 - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les butées (15) sont de nature élastique permettant d'augmenter la puissance électrique convertie.

4 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur continu-continu (13) présente une impédance d'entrée résistive dont la valeur est déterminée en fonction des caractéristiques mécaniques de l'élément piézoélectrique associé à la masse.

5 - Dispositif selon la revendication 1 ou 4, caractérisé en ce que le convertisseur continu-continu (13) est constitué par une alimentation à résonance comportant :

- deux interrupteurs électroniques (K_1 , K_2) commandés et possédant chacun, en parallèle, deux redresseurs (D_1 , D_2), montés en série entre les bornes de sortie de l'étage redresseur (12),
- deux condensateurs (C_1 , C_2) montés en série entre les bornes de sortie de l'étage redresseur (12),
- une inductance (L) associée à un pont redresseur (21) alimentant l'accumulateur (2) et montée entre les points milieu des interrupteurs (K_1 , K_2), d'une part, et des condensateurs (C_1 , C_2), d'autre part.

6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les interrupteurs électroniques (K_1 , K_2) sont commandés à une fréquence proportionnelle à la tension d'entrée (V_e) du convertisseur, délivrée par l'étage redresseur.

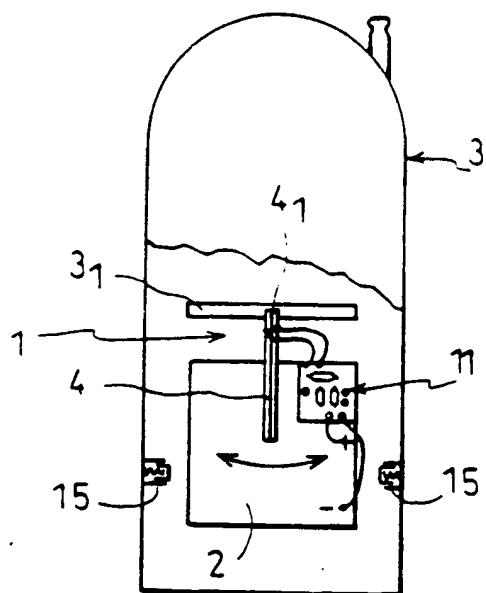
7 - Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'enroulement (L) constitue l'inductance de fuite du primaire d'un transformateur (T_1), dont l'enroulement secondaire alimente le pont redresseur alimentant l'accumulateur (2).

8 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément piézoélectrique (4) est une céramique ferroélectrique polarisée.

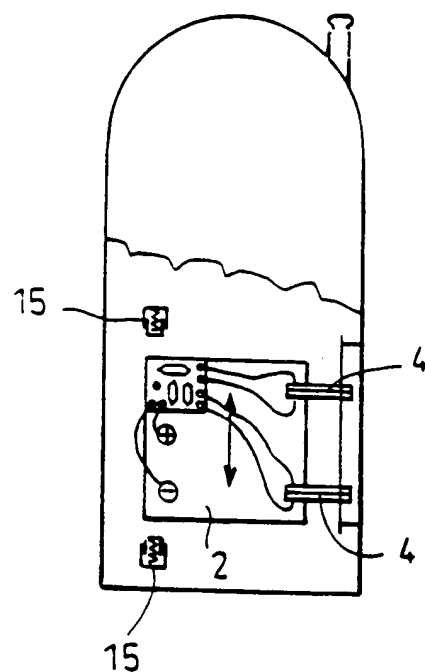
9 - Dispositif selon la revendication 1 ou 8, caractérisé en ce que l'élément piézoélectrique (4) présente une fréquence d'oscillation comprise entre 1 et 20 Hz et, de préférence, entre 5 et 10 Hz, et se trouve équipée d'une masse comprise entre 30 et 500 grammes et, de préférence, de l'ordre de 100 grammes.

10 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément piézoélectrique (4) et la masse (7) constituent un résonateur mécanique dont le facteur de surtension est inférieur à 10 et, de préférence, de l'ordre de 8.

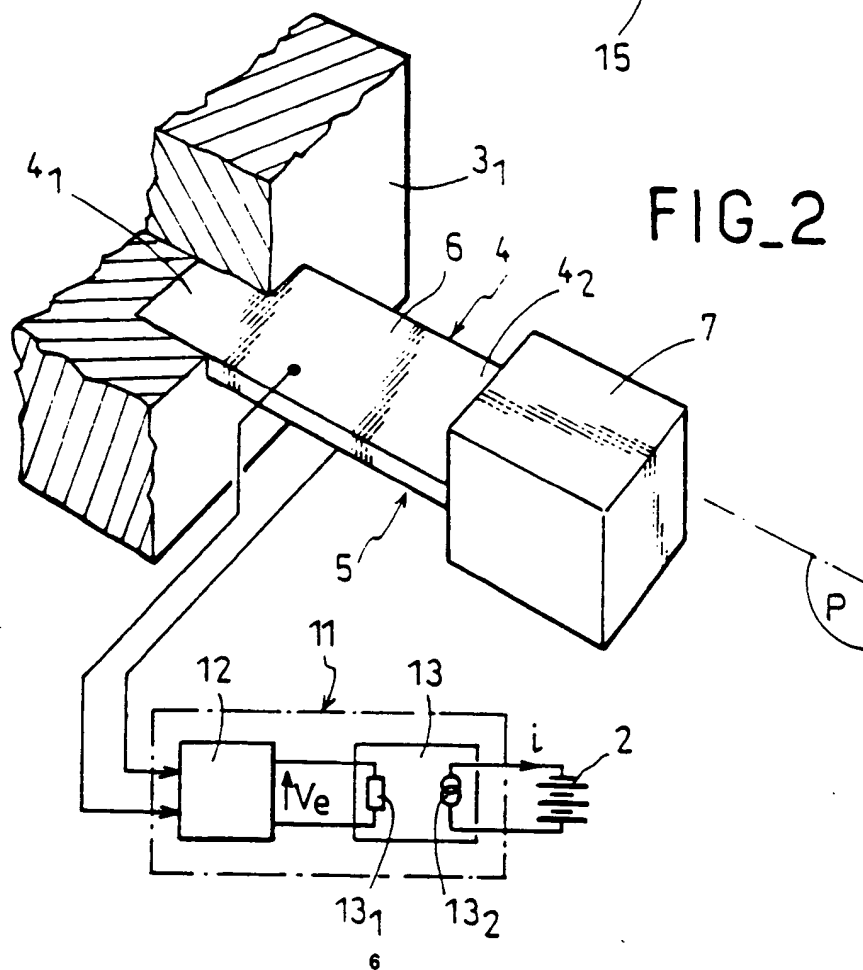
FIG_1



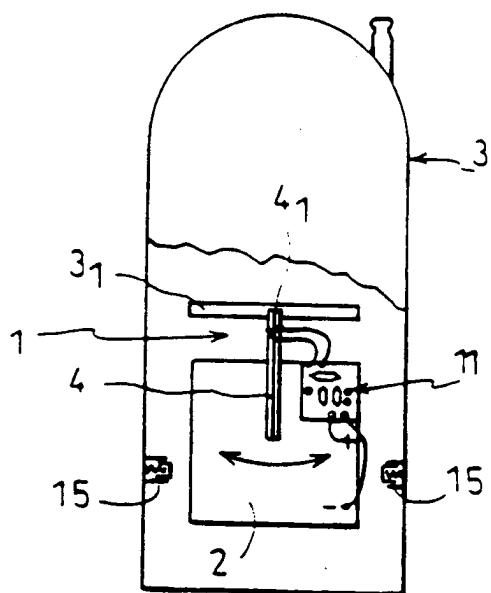
FIG_5



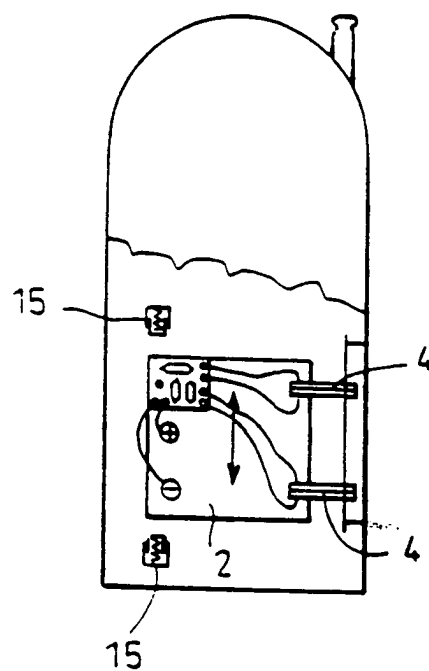
FIG_2



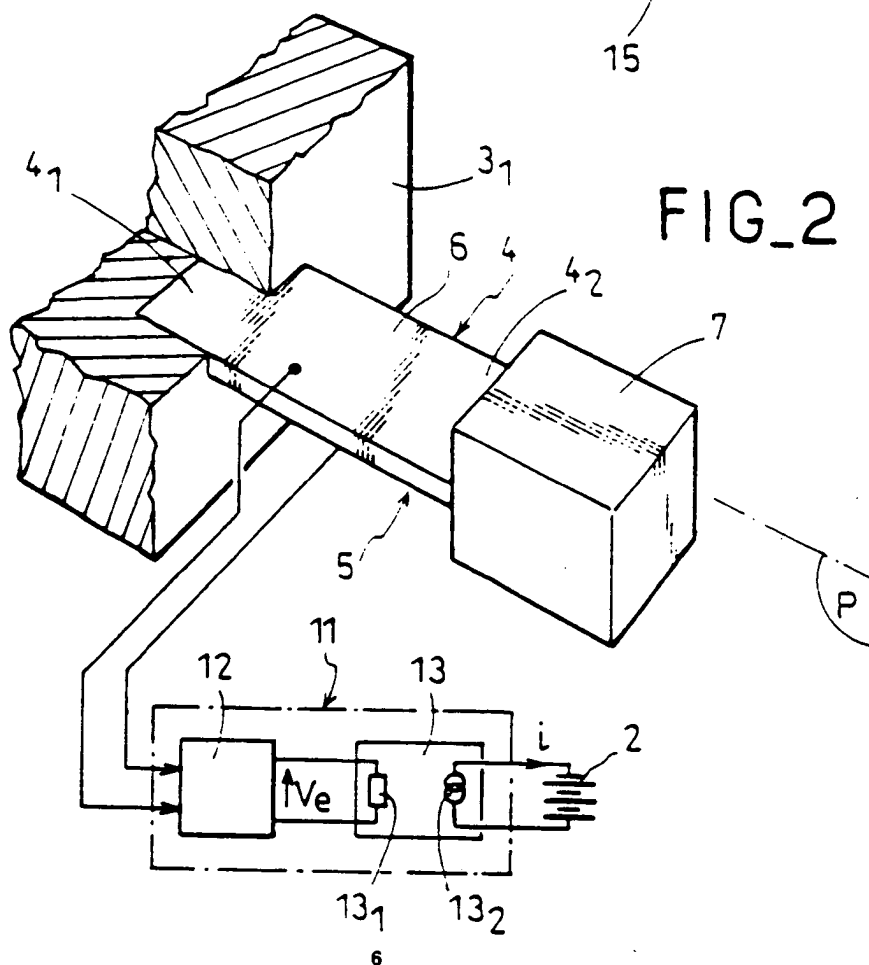
FIG_1



FIG_5



FIG_2



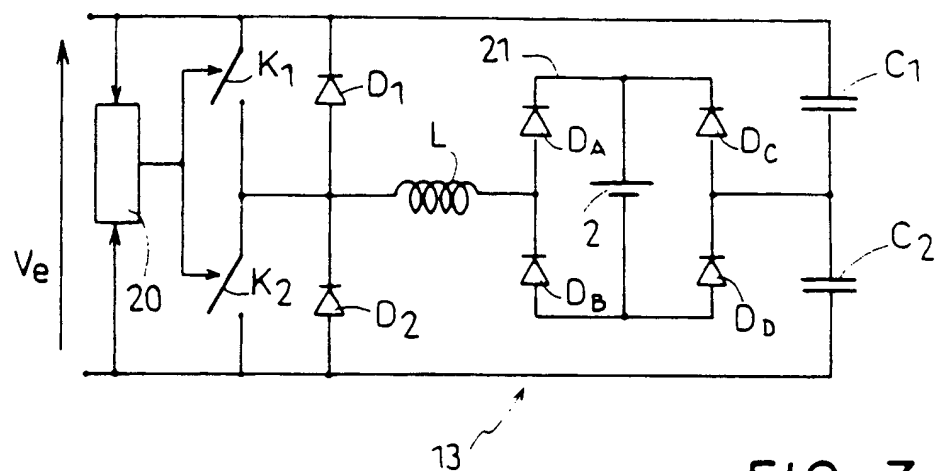


FIG. 3

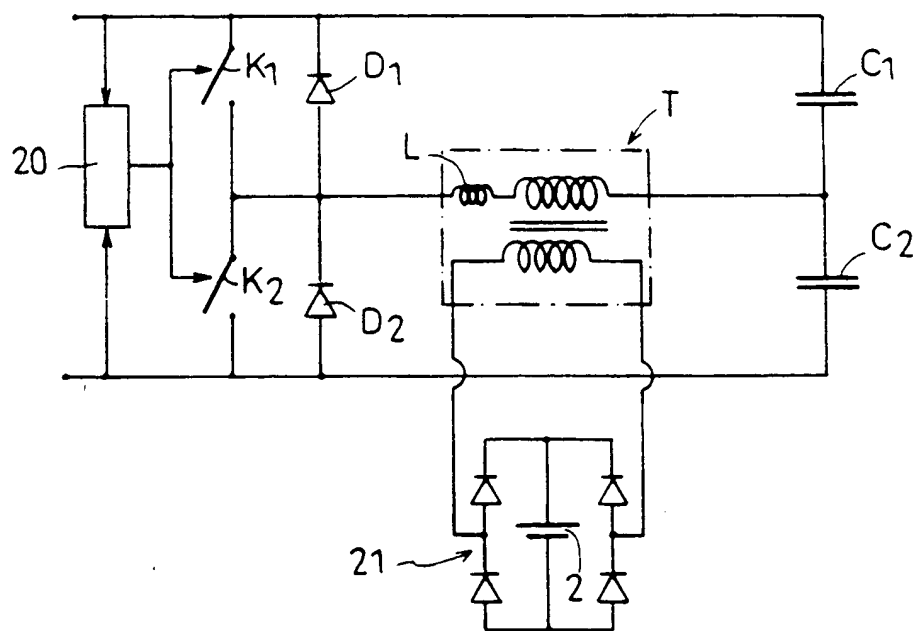


FIG. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 95 42 0070

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	DATABASE WPI Week 7923 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 79-F08448 [23] & SU-A-618 717 (ABRAMOV ET AL) , 24 Juin 1978 * abrégé *	1	H02J7/00 H01L41/113
A	US-A-4 870 700 (ORMANNS) * abrégé * * colonne 3, ligne 43 - ligne 60 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18 no. 33 (E-1493) ,18 Janvier 1994 & JP-A-05 266930 (BROTHER IND LTD) 15 Octobre 1993, * abrégé *	1	
A	US-A-3 456 134 (H. KO) * colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 31; figures 1,2 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H02J H01L
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE		30 Juin 1995	Helot, H
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 (12.92) (P0402)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 95 42 0070

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	DATABASE WPI Week 7923 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 79-F0844B [23] & SU-A-618 717 (ABRAMOV ET AL) , 24 Juin 1978 * abrégé *	1	H02J7/00 H01L41/113
A	US-A-4 870 700 (ORMANNS) * abrégé * * colonne 3, ligne 43 - ligne 60 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18 no. 33 (E-1493) ,18 Janvier 1994 & JP-A-05 266930 (BROTHER IND LTD) 15 Octobre 1993, * abrégé *	1	
A	US-A-3 456 134 (H. KO) * colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 31; figures 1,2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H02J H01L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30 Juin 1995	Examinateur Helot, H
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non écrite P : document intermédiaire			

EP 0 673 102 A1 (P04002)

(19) **European Patent Office**

(11) Publication Number: **0 673 102 A1**

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21) Application Number: **95420070.5**

(51) Int. Cl.⁶: **H02J 7/00, H01L 41/113**

(22) Date of Application: 3/20/96

(30) Priority: **3/18/94 FR 9403441**

(72) **Inventor:** Permy, Alfred

3, rue des deux Gares

92500 Rueil Malmaison (FR)

(43) Date of Publication of the Application:

9/20/95 Bulletin 95/38

Inventor: Duperray, Bernard

Allée Sainte Philomène

F-01480 Ars (FR)

(84) Convention States Named:

BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE

Inventor: Garnier, Bernard

71, Avenue du Comte Vert

F-73000 Chambéry (FR)

(71) Applicant: **METRA VIB R.D.S. Société**

Anonyme 64, Chemin des Mouilles

B.P. 182

F-68132 Ecully Cédex (FR)

(74) **Agent:** Thibault, Jean-Marc

Cabinet Beau de Loménie

51, Avenue Jean Jourès

B.P. 7073

F-69301 Lyon Cédex 07 (FR)

(54) **Piezoelectric device for charging an electrical energy accumulator powering an object subjected to vibrations.**

(57) - The object of this invention relates to a piezoelectric device for charging an electrical energy accumulator (2) powering an object (3) subjected to accelerations, with the device comprising:

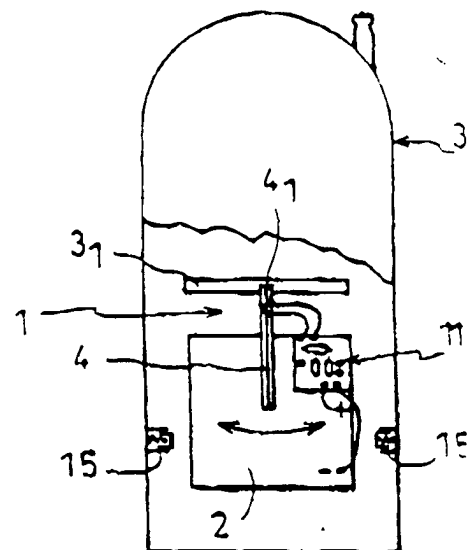
- at least one piezoelectric element (4) connected to the object (3),

- a mass acting on the piezoelectric element so as to cause the occurrence of electric charges when the object is subjected to acceleration,

- and an electrical circuit (11) for converting the charges that occur as a result of the oscillation of the piezoelectric element into a charging current for the electrical energy accumulator (2), with the circuit comprising at its input a rectifier stage that delivers d.c. voltage.

- Pursuant to the invention, the conversion circuit (11) comprises a d.c.-d.c. converter interposed between the rectifier stage and the accumulator (2) that has a constant and purely resistive input impedance and that delivers at its output an average current substantially proportional to the square of the voltage delivered by the rectifier stage.

FIG_1



This invention relates to the technical field of systems for charging an electrical energy accumulator that powers an object in the general sense subjected to vibrations or shocks.

The object of this invention is especially advantageously used in the field of electrical items whose operation requires the use of an energy accumulator, these items being of a portable nature or operating in isolated places while being subjected to vibrations or shocks. By way of non-limiting illustration, the invention can be used in portable microcomputers, radio communication equipment, such as telephones and telecopiers, timers, radio stations, or lighted buoys.

One of the major problems that arises with these types of objects is their energy autonomy of relatively short duration.

To attempt to solve this problem the state of the art has proposed a first solution consisting of using photoelectric elements that generate charging currents depending on the intensity of natural or artificial illumination. This type of charger is used especially with items such as watches or calculators.

This technical solution provides for the generation only of small currents unless large-area photoelectric panels are made, which is not always possible because of the portable nature of the objects. It also seems that the efficient generation of charges depends on a suitable orientation of the collectors in the field of a light source of sufficient intensity, so that this technical solution can not be used to equip various portable objects that may be used in the absence of a light source.

Another solution known in the state of the art is to utilize, with the help of thermoelectric means, the temperature difference between the heat of the human body and the ambient temperature. Other than the fact that this type of solution has a low yield, the principle itself of this technique limits its applications practically to wristwatches.

Another solution is known that consists of utilizing the energy of mechanical motions that are induced in an inertial component of the object by natural motions associated with the transport of this object. A device is also known that is intended to convert the motions by electrodynamic

means, comprising a magnetized microrotor moving inside a coil of electrically conductive wires. The vibrations are applied to the object, and consequently to the microrotor so as to obtain the occurrence of an electrical current, which after having been rectified and stored in a capacitor is transferred to a battery. It seems that the yield of this device is still low, and that it is very complex and thus fragile. It is found in practice that such a technical solution is limited essentially to clock applications that require limited power of the order of a microwatt.

In other regards, the document SU-A-618 717 discloses a device for charging an electrical energy accumulator comprising a piezoelectric wafer, one end of which is connected to the object and whose other end supports a mass. The wafer is connected to a circuit that converts electrical charges that occur when the object is subjected to acceleration. The charge conversion circuit is composed of a rectifier stage. This solution has the same drawbacks as those enumerated above to the extent that the power recovered is still of the order of a microwatt, which limits the applications of this type of device.

The present invention accordingly intends to remedy these drawbacks enumerated above by proposing a device suitable for charging an electrical energy accumulator that powers an object in the general sense that is subjected to accelerations, and that is capable of generating electric power, for example of the order of several milliwatts, sufficient to permit charging the said electrical energy accumulator.

Another object of the invention is to provide a device for charging an accumulator of electrical energy that provide high reliability and simplicity of manufacture, while providing the benefit of not making heavy the objects equipped with the device pursuant to the invention.

To achieve these objectives, the device pursuant to the invention comprises:

- at least one piezoelectric element connected to the object, capable of oscillating in at least one degree of freedom,
- an oscillating mass acting on the piezoelectric element so as to cause the occurrence of electric charges when the object is subjected to acceleration,

- and an electrical circuit for converting the charges that occur as a result of the oscillation of the piezoelectric element into a charging current for the electrical energy accumulator, with the circuit comprising at its input a rectifier stage that delivers d.c. voltage.

According to the invention, the conversion circuit comprises a d.c.-d.c. converter interposed between the rectifier stage and the accumulator that has a constant and purely resistive input impedance and that delivers at its output an average current substantially proportional to the square of the voltage delivered by the rectifier stage.

Various other characteristics are found in the description below, with reference to the attached drawings, which by way of non-limiting examples show embodiments and implementations of the object of the invention.

Figure 1 is a schematic view showing an applied example of a piezoelectric device pursuant to the invention for a portable object.

Figure 2 is a general view showing a characteristic detail of the device pursuant to the invention.

Figures 3 and 4 are diagrams explaining two variants of embodiment of a conversion circuit pursuant to the invention.

Figure 5 is a schematic view showing another example of embodiment of a piezoelectric device pursuant to the invention.

As shown more precisely in Figure 1, the device 1 pursuant to the invention is intended for charging an electrical energy accumulator 2 that powers an object 3 in the general sense intended to be subjected to vibrations, to shocks, or generally to accelerations. Traditionally, the object 3 has an electrical energy accumulator 2 such as a battery intended to power a specific electrical circuit that performs suitable functions depending on the nature of the object.

The device 1 pursuant to the invention for charging the accumulator 2 comprises at least one piezoelectric element 4, composed in the example shown of a wafer connected at one of its extremities 4₁ to the object 3. In the example illustrated, the extremity 4₁ of the wafer is mounted

on a plate 3₁ that is part of the object 3. The piezoelectric wafer 4 comprises a pair of armatures 5 and 6 placed on its principal opposing faces so that charges of opposite sign occur on the armatures under the influence of a force, and accordingly a potential difference proportional to the applied force. The piezoelectric wafer 4 is preferably constructed using a polarized ferroelectric ceramic.

Of course a wafer 4 made up of a combination of piezoelectric lamellae can be used, so as to constitute a bimorphic or polymorphic assembly, either parallel or serial. In the same way, it is conceivable to make the wafer from a flexible or elastic material on which are mounted one or more ceramics. In other respects, it should be considered that the piezoelectric element can be made in a form different from a wafer. Thus, an assembly of ceramics functioning by tension-compression can be utilized. It is also conceivable to make a system with lever arms acting on the piezoelectric element to permit modification of the rigidity of the system thus produced.

The device pursuant to the invention also comprises a mass 7 suitable for acting on the piezoelectric element 4 so as to cause the occurrence of electrical charges on the armatures 5 and 6 when the wafer is subjected to accelerations resulting from vibrations of the object. As shown more precisely in the example illustrated in Figure 2, the oscillating mass 7 is mounted as an overhang on the wafer 4 while being anchored at the free extremity 4₂ of the wafer opposite to that 4₁ anchored to the object 3. The mass 7 is preferably composed of the accumulator 2 so that the weight of the object 3 is not increased by the incorporation of an additional mass. If the piezoelectric element is not made in the form of a wafer, the mass 7 is mounted so as to act on the piezoelectric element.

The piezoelectric wafer 4 thus works by flexing while supporting a mass 7 mounted as an overhang, permitting flapping motions of relatively large amplitude to be obtained, for example of the order of several centimeters. The wafer 4 thus equipped is accordingly able to oscillate according to at least one given degree of freedom considered in a preferential plane of flexing P. The wafer 4 is suitable for presenting low oscillation frequencies in order to coincide best with the tenor of the transport stresses, also of low frequency. For example, the wafer 4 is of dimensions to offer an oscillation frequency between 1 and 20 Hz, and preferably between 5 and 10 Hz. In the same way, the oscillating mass 7 weighs between 30 and 500 grams, and preferably of the order of 100 grams.

The device pursuant to the invention also comprises an electric circuit 11 that converts charges that occur at the terminals of the wafer 4 because of its oscillation, into a charging signal for the battery 2. The piezoelectric element 1 pursuant to the invention thus provides for charging the battery 2 by recovery of the electrical charges due to the acceleration motions of the wafer 4 and following the various shocks or vibrations that the object undergoes during its transport or use.

In the example illustrated more precisely in Figure 2, the conversion circuit 11 has a rectifier circuit 12 that permits the charges obtained to accumulate for one entire period as the oscillating motions generate opposite electrical fields in each half-period of oscillation of the wafer. The rectifier circuit 12 delivers an output voltage V_e that is applied to the input of a circuit 13 designed to convert the rectified signal into a charging current. To this end, the conversion circuit 13 has an input impedance 13_1 suitable for the electrical characteristics of the wafer 4 and a current generator 13_2 that provides for charging the accumulator 2.

As shown more precisely in Figure 3, the conversion circuit 13 constitutes a d.c.-d.c. converter interposed between the rectifier stage 12 and the accumulator 2. It should be understood that the circuit 13 is suitable for converting the d.c. signal delivered by the rectifier 12 into a d.c. current i , in other words unidirectionally variant, so as to charge the accumulator 2 at a voltage imposed by the latter, regardless of the voltage delivered by the rectifier stage.

According to the invention, the converter 13 should have a purely resistive input impedance whose value is constant regardless of the amplitude of the input voltage V_e delivered by the rectifier stage 12. The value of this input resistance is determined on the one hand by the mechanical characteristics of the mass-spring system equivalent to the piezoelectric element equipped with the mass, and on the other hand by the characteristics of the displacements to which the object is subjected. Actually, it should be considered that the value of this input resistance is calculated so as to obtain an overvoltage factor determined for the mechanical resonator formed by the piezoelectric element. The overvoltage factor and the resonant frequency of such a resonator are optimized for a given form of excitation spectrum, to obtain a fixed fraction of the maximum power defined by the value of the mass 7 and the intensity of vibrational excitation for a minimal displacement of the wafer 4.

For an excitation frequency range below 20 Hz and limiting ourselves to an available power, for example equal to 0.9 times the maximum power, the overvoltage factor can assume values below 10 with a resonant frequency close to 15 Hz. Preferably, for uniform excitation between 1 and 12 Hz, the overvoltage factor will be of the order of 8 with a resonant frequency of approximately 9 Hz. The value of the input resistance is then deduced from the mechanical and electrical characteristics of the wafer 4, and from the values of the overvoltage factor and resonant frequency.

The converter 13 has another characteristic, which is that of delivering at the output, except for losses, an average current i essentially proportional to the square of the input voltage V_e . The unidirectional current i supplies the accumulator 2 at a voltage imposed by the accumulator 2.

The converter 13 pursuant to the invention is composed of a resonant power supply that on the one hand has a purely resistive input impedance of constant value, and on the other hand delivers an average current proportional to the square of the input voltage V_e . The structure and performance of a resonant power supply are known and described, more particularly, in the book ALIMENTATION A DECOUPAGE - CONVERTISSEURS À RÉSONANCE - J.P. FERRIEUX & F. FOREST, Editions MASSON, 2nd Edition, 1994,. The following description, with reference to Figure 3, describes succinctly a resonant power supply applied to charging a battery 2.

The resonant power supply 13 has two electronic switches K_1 , K_2 mounted in series between the output terminals of the rectifier stage 12 that delivers the input voltage V_e . The switches K_1 , K_2 are controlled in function by a control circuit 20 driven by the input voltage V_e , so that the control frequency of the switches is proportional to the input voltage V_e .

The resonant power supply also has two rectifiers, such as two diodes D_1 , D_2 mounted in parallel, respectively, with the switches K_1 , K_2 . Two capacitors C_1 , C_2 of the same value, mounted in series, are connected between the output terminals of the rectifier stage 12. An inductance L , mounted in series with a rectifier circuit 21 supplying the battery 2, is connected on the one hand to the midpoint of the diodes D_1 and D_2 and of the switches K_1 and K_2 , and on the other hand to the midpoint of the capacitors C_1 , C_2 .

The rectifier circuit 21 is formed by a bridge of four diodes D_A - D_D whose [illegible] branch has the battery 2. In a conventional manner, switches K_1 , K_2 are controlled to function alternately. Thus, when the switch K_1 is controlled in conduction mode, while at the same time the switch K_2 is blocked, the current passing through the inductance L consists of two sinusoidal half-waves whose frequency is determined by the values of the inductance L and of the capacitors C_1 and C_2 . During the first half-period, the conduction is provided for by the switch K_1 and the current feeds the battery 2 through the diodes D_A and D_D . During the second half-period, the conduction is provided for by the diode D_1 and the switch K_1 can then be open. The current then feeds the battery 2 through the diodes D_B and D_C . At the end of the complete period, neither the switch K_1 nor the diode D_1 conducts, and the switch K_2 can then be closed. Operation identical to that described above is then produced.

The resonant converter described above constitutes a circuit optimized for recovering the electrical energy delivered by the piezoelectric element.

Figure 4 illustrates another variant of embodiment in which the winding L is composed of the leakage inductance of the primary of a transformer T whose secondary winding feeds the rectifier circuit 21. The use of a transformer T permits adapting the voltages to the charging voltage for the battery 2.

According to a beneficial characteristic of the invention, the wafer 4 is limited in its oscillating motion by the use of two bumpers 15 placed in the plane of flexing P , on both sides of the wafer 4. For example, the bumpers 15 are placed so as to come into contact with the oscillating mass 7. Preferably, the bumpers 15 are of an elastic nature, permitting the recovered energy and the oscillation frequency of the mass 7 to increase. Such an arrangement permits the available electrical power to be increased.

In the example illustrated, the piezoelectric wafer 4 is mounted so as to operate by flexing in a plane P perpendicular to its principal faces composed of the electrodes 5 and 6. Of course it is conceivable to make a piezoelectric element formed of at least two piezoelectric wafers mounted so that each has a different plane of flexing. Thus, it would be conceivable to mount on the piezoelectric wafer 4 another piezoelectric wafer displaced by 90° whose preferential plane of flexing would be parallel to the plane of the armatures, that is to say perpendicular to the plane of

flexing P. Such an arrangement has the advantage of being able to recover the energy of oscillations of the mass 7 from displacement in the two directions indicated above.

As shown more precisely from the assembly illustrated in Figure 1, the device 1 is sensitive to stresses of translation along a horizontal axis in the plane of the page. Figure 5 illustrates an assembly in which the device 1 is sensitive to stresses of translation along the vertical axis. In this example of embodiment, it should be noted that the accumulator 2 is supported by two wafers 4 supported as overhangs by the plate 3₁.

The invention is not limited to the examples described and shown since diverse modifications can be applied to it without exceeding its scope.

Claims

1 - Piezoelectric device for charging an electrical energy accumulator (2) powering an object (3) subjected to accelerations, with the device comprising:

- at least one piezoelectric element (4) connected to the object (3), capable of oscillating in at least one degree of freedom,
- an oscillating mass (7) acting on the piezoelectric element so as to cause the occurrence of electric charges when the object is subjected to acceleration,
- and an electrical circuit (11) for converting the charges that occur as a result of the oscillation of the piezoelectric element into a charging current for the electrical energy accumulator (2), with the circuit comprising at its input a rectifier stage (12) that delivers d.c. voltage,

characterized by the fact that the conversion circuit (11) comprises a d.c.-d.c. converter (13) interposed between the rectifier stage (12) and the accumulator (2), that has a constant and purely resistive input impedance and that delivers at its output an average current essentially proportional to the square of the voltage delivered by the rectifier stage.

2 - Device pursuant to Claim 1, characterized by the fact that it includes two bumpers that limit the displacement of the piezoelectric element (4).

3 - Device pursuant to Claim 2, characterized by the fact that the bumpers (15) are of an elastic nature, permitting the converted electric power to be increased.

4 - Device pursuant to Claim 1, characterized by the fact that the d.c.-d.c. converter (13) has a resistive input impedance whose value is determined as a function of the mechanical characteristics of the piezoelectric element combined with the mass.

5 - Device pursuant to Claim 1 or 4, characterized by the fact that the d.c.-d.c. converter (13) is composed of a resonant power supply comprising:

- two controlled electronic switches (K_1 , K_2), each of which in parallel has two rectifiers (D_1 , D_2) mounted in series between the output terminals of the rectifier stage (12),
- two capacitors (C_1 , C_2) mounted in series between the output terminals of the rectifier stage (12),

- an inductance (L) combined with a rectifier bridge (21) powering the accumulator (2) and mounted between the midpoints of the switches (K_1 , K_2) on the one hand and the capacitors (C_1 , C_2) on the other hand.

6 - Device pursuant to Claim 5, characterized by the fact that the electronic switches (K_1 , K_2) are controlled at a frequency proportional to the input voltage (V_e) of the converter delivered by the rectifier stage.

7 - Device pursuant to Claim 6, characterized by the fact that the winding (L) constitutes the leakage inductance of the primary of a transformer (T_1) whose secondary winding feeds the rectifier bridge feeding the accumulator (2).

8 - Device pursuant to Claim 1, characterized by the fact that the piezoelectric element (4) is a polarized ferroelectric ceramic.

9 - Device pursuant to Claim 1 or 8, characterized by the fact that the piezoelectric element (4) has an oscillation frequency between 1 and 20 Hz, and preferably between 5 and 10 Hz, and is equipped with a mass weighing between 30 and 500 grams, and preferably of the order of 100 grams.

10 - Device pursuant to Claim 1, characterized by the fact that the piezoelectric element (4) and the mass (7) constitute a mechanical resonator whose overvoltage factor is below 10, and preferably of the order of 8.

FIG. 1

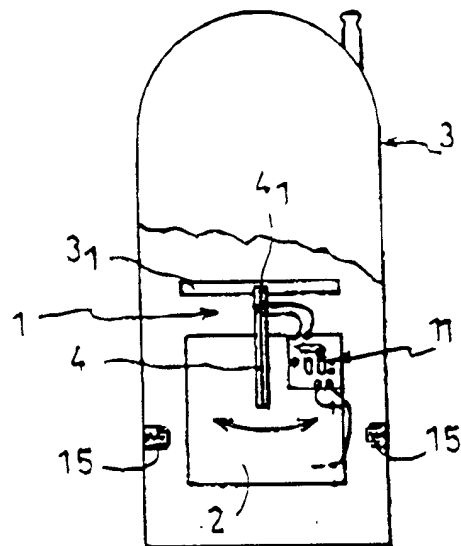


FIG. 5

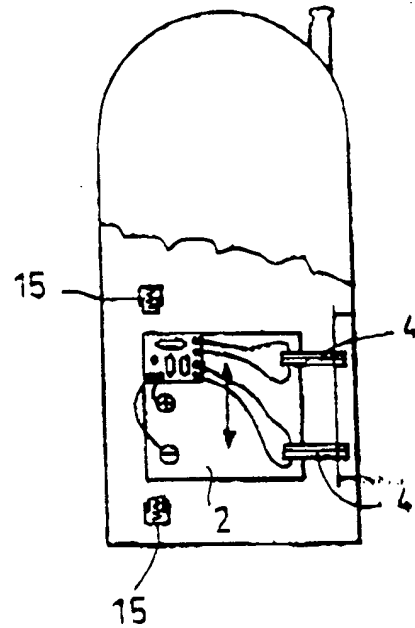
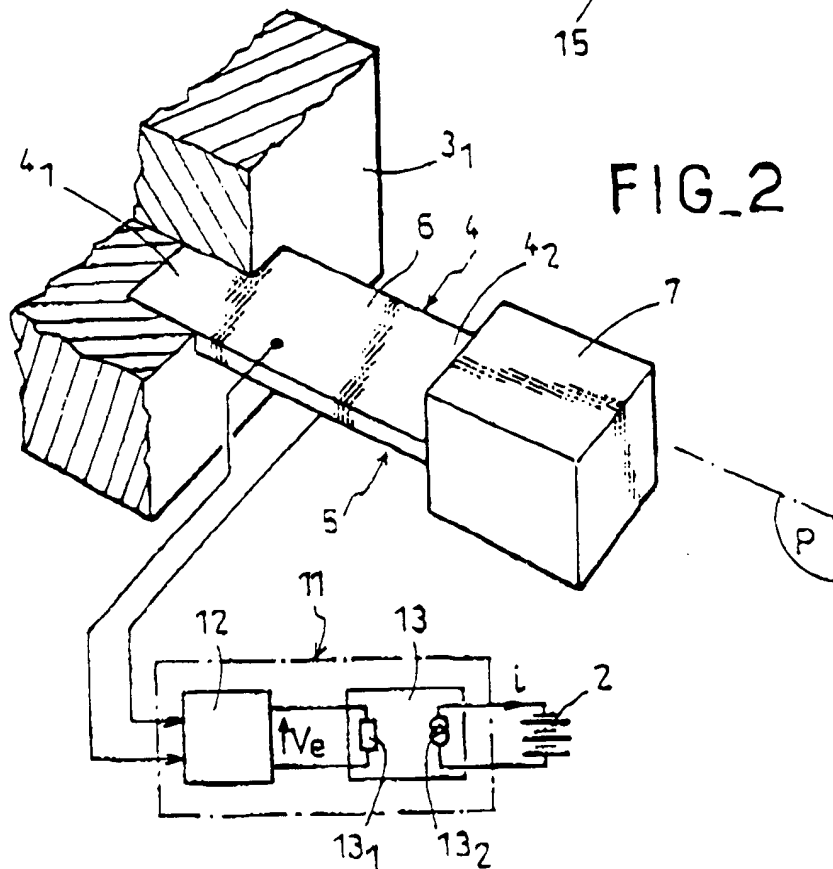
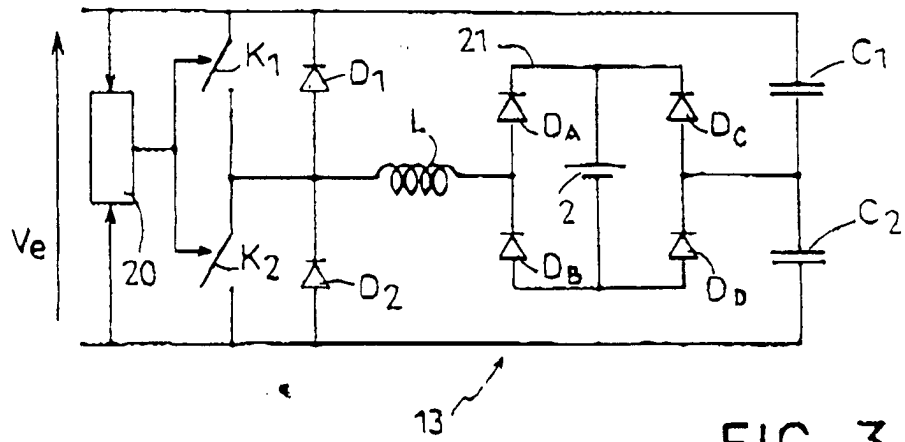
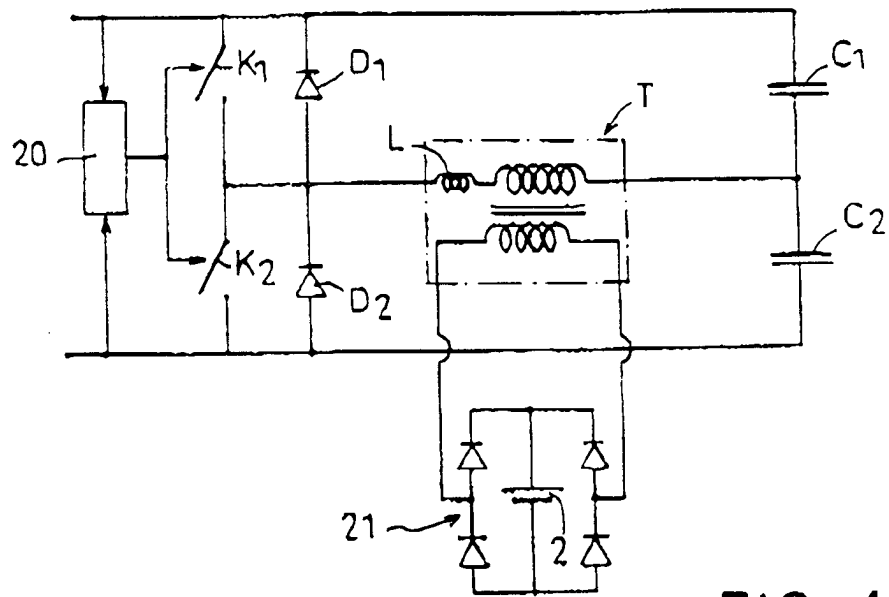


FIG. 2





FIG_3



FIG_4

European
Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
95 42 0070

Category	PERTINENT DOCUMENTS		CLASSIFICATION OF THE APPLI- CATION [<i>Illegible</i>]
	Identification of the document, indicating if necessary the pertinent sections	Concerns Claim	
A	DATABASE WPI Week 7923 Drwent Publications Ltd., London, GB AN 79-F0844B [23] & SU-A-618 717 (ABRAMOV ET AL), June 24, 1978 * Abstract *	1	H02J7/00 H01L41/113
A	US-A-4 870 700 (ORMANNS) * Abstract * * Column 3, line 43 - line 60 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol. 18 No. 33 (E-1493), January 18, 1994 & JP-A-05 266930 (BROTHER IND LTD) October 15, 1993 * Abstract *	1	
A	US-A-3 456 134 (H. KO) * Column 1, line 65 - Column 2, line 31; Figures 1, 2 *		
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl. ⁶) H02J H01L

This search report was prepared for all of the Patent Claims

Place of search
THE HAGUEDate of Completion of search
June 30, 1995Examiner
Helot, H.

CATEGORY OF DOCUMENTS CITED

X: Of particular importance considered alone
 Y: Of particular importance in combination with another publication of the same category
 A: Technological background
 O: Unwritten disclosure
 P: Subsequent literature
 T: Theories or principles underlying

E: Earlier patent document, but one that was published only on or after the Application date
 D: Document cited in the Application
 L: Document cited for other reasons
 &: Member of the same family of patents, conforming document the invention